

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТАХ

Л. И. ДРУГОВ, В. В. ТАЛЕЦКИЙ, П. Ю. ЭТИН

Белорусский государственный университет транспорта

Исследования железобетонных плит безбалластного мостового полотна (БМП) на Белорусской железной дороге свидетельствуют о неудовлетворительной трещиностойкости плит. Больше всего вызывают опасения трещины, возникающие по верху плит в области опирания их на балки.

Целью данной работы является изучение процесса трещинообразования железобетонной плиты в момент загрузки статической нагрузкой.

Проведенным теоретическим анализом влияния сопряжения плит с балками проезжей части на их трещиностойкость установлено, что максимальные действующие моменты над опорами распределяются неравномерно, наибольшие моменты возникают у краев плиты. Одним из средств уменьшения раскрытия надопорных верхних трещин является сгущение верхней арматуры. Для обоснованного решения этого вопроса потребовалось экспериментально-теоретическое исследование особенностей процесса развития трещин в плитах с неравномерным распределением моментов и неравномерным армированием.

Опытные образцы не моделировали натурные плиты БМП, их конструкция была предельно упрощена. Размер плит $1,8 \times 1,0$ м, толщина 80 мм. Плиты были выполнены из тяжелого бетона класса C^{40}_{50} , с рабочей арматурой из стержней $\varnothing 8$ мм класса S400. Неравномерно армированные плиты ПНА-1, 2 характеризовались сгущенным армированием краевых зон и разреженным армированием в средней части. Равномерно армированные плиты ПРА-1, 2 имели одинаковый шаг рабочих стержней по всей ширине сечения. В каждой паре плит ПНА-1, 2 и ПРА-1, 2 одна испытывалась с приложением нагрузки по всей ширине свободных краев, а другая – лишь по углам для создания неравномерности в распределении моментов по ширине расчетных сечений. Опирание плит осуществлялось по всей ширине на линейные опоры, загрузка – симметрично по обоим концам плит.

Максимальная нагрузка при испытаниях составляла 65 % от разрушающей нагрузки.

На каждом из пяти этапов загрузки фиксировались пределы развития трещин и измерялась ширина их раскрытия. Схема развития трещин поэтапно отражалась зарисовками.

В результате проведенных испытаний установлена четкая разница в ширине раскрытия и расположении трещин в плитах ПНА. В крайних полосах со сгущенным армированием трещины располагаются заметно чаще и раскрываются меньше, чем в средних с разреженным армированием, что полностью соответствует теории.

Теоретические расчеты напряженного состояния опытных образцов выполнены методом конечных элементов (МКЭ). Опирание плит в схеме представлено прямыми рядами упругих стержней, размещенных в узлах сетки КЭ. Жесткость совокупности этих стержней назначена эквивалентной жесткости сплошной деревянной прокладки шириной 80 мм и толщиной 30 мм, включенной в конструкцию опорных частей. Таким путем расчетная модель плиты приведена в максимальное соответствие реальной конструкции и схеме испытаний. Величина нагрузки q в расчете принята условной, поскольку ставилась цель лишь установить качественно распределение моментов по ширине сечения.

Разница в армировании плит в данном расчете не отражена, поскольку МКЭ предполагает упругое состояние конструкции, которое мыслимо лишь при работе ее без трещин в бетоне, а до образования трещин влияние армирования на жесткость железобетонных изгибаемых элементов пренебрежимо мало.

Результаты расчетов представлялись в виде эпюр распределения моментов по ширине нормальных сечений. Очевидно, что разница в способе приложения нагрузки очень слабо отразилась на распределении моментов, которое в обоих случаях оказалось очень близко к равномерному.

Расчеты распределения изгибающих моментов по ширине сечений показали очень слабую зависимость от способа приложения нагрузки. Это вполне согласуется с результатами испытаний, при которых в расположении трещин отсутствует заметная разница между плитами-близнецами, испытанными с приложений нагрузки – по всей ширине края и по его углам.

Таким образом, местное сгущение армирования относительно узких краевых зон плит является эффективным средством сокращения раскрытия трещин, поэтому для повышения трещиностойкости железобетонных плит БМП необходимо ввести дополнительные поперечные стержни в верхнюю сетку плиты.

УДК 624.21.095.4(047)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН В МОДЕЛЯХ ПЛИТЫ БМП

Л. И. ДРУГОВ, В. В. ТАЛЕЦКИЙ, П. Ю. ЭТИН

Белорусский государственный университет транспорта

Для установления причины трещинообразования плит безбалластного мостового полотна (БМП) было проведено экспериментально-теоретическое исследование развития трещин в моделях плит при воздействии нагрузки от натяжения шпилек.

Плиты для испытаний являлись упрощенными моделями реальной железобетонной плиты безбалластного мостового полотна ПЧ–200 в масштабе 1:2,5, а в направлении поперек пути – в масштабе 1:4,5. Уменьшение размера плиты в поперечном направлении допущено для снижения веса плит, так как этот размер в меньшей степени влияет на развитие верхних продольных (параллельных оси пути) трещин, появляющихся между опорами плит. Модели плит изготавливались из бетона класса $C^{30}_{/37}$ на гранитном щебне с проволочной арматурой класса S500.

Схема испытаний в точности отвечала расчетной схеме работы плиты, опертой через узкие деревянные прокладки на недеформируемые линейные опоры. Толщина прокладок при эксперименте принималась удвоенной по сравнению с натурными, поскольку к каждой из плит следует относить половину их толщины. Плиты испытывались по две одновременно с загрузением усилиями от натяжения шпилек (болтов) – в точном соответствии с реальными плитами.

Первая пара плит-близнецов ПМ–1а и ПМ–1б испытывалась при натяжении всех 6 шпилек на усилие до 3 тс, вторая пара плит ПМ–2а и ПМ–2б – при натяжении 4 угловых шпилек до 4,5 тс. Таким образом, суммарное натяжение шпилек в обоих случаях доходило до 18 тс.

Натяжение шпилек проводилось по возможности равномерно – с последовательным доведением отсчетов по индикатору динамометрического ключа до определенных отсчетов и осмотром трещин на каждой ступени.

Для плит ПМ–1а и ПМ–1б, загруженных натяжением 6 шпилек, характерно практически равномерное по длине раскрытие продольных трещин, проходящих по всей плите. При этом нет заметной разницы между трещинами, ближайшими к прокладкам (шпилькам) и расположенными в средней части плиты. Не усматривается никаких следов неравномерностей загрузки, связанного с сосредоточенным характером нагрузки от шпилек. Такая картина соответствует плоской расчетной схеме с равномерным опиранием плит, загрузением плит распределенной нагрузкой и изгибом в одном направлении.

Для плит ПМ–2а и ПМ–2б, особенно для первой из них, уже усматриваются признаки пространственной работы, обусловленной резко неравномерным (сосредоточенным) характером нагрузки от 4 угловых шпилек, приводящей к частичному изгибу плит в двух направлениях. Однако и здесь, несомненно, преобладает изгиб в одном направлении – поперечном по отношению к оси пути, что вполне логично ввиду принятого характера опирания плит. Как и для первой пары плит, здесь для всей зоны чистого изгиба между опорами-прокладками характерно весьма равномерное раскрытие трещин, без всякой зависимости от близости или удаленности от шпилек – точек загрузки.

Таким образом, можно констатировать отсутствие ощутимых последствий для развития верхних трещин от натяжения шпилек, т. е. сосредоточенного характера нагрузки.